

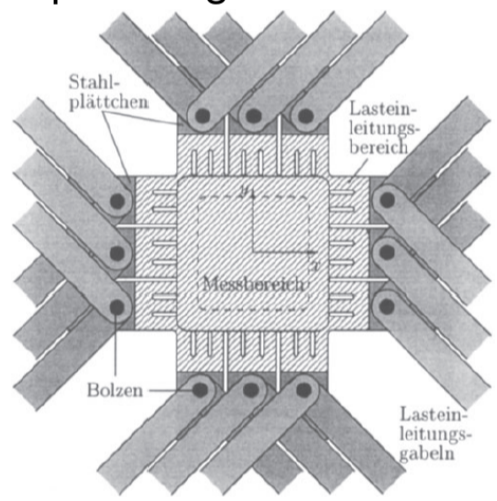
# Zur Parameteridentifikation orthotroper Materialien am Beispiel biaxialer Versuche an Fichtenholz

Natalie Berreth

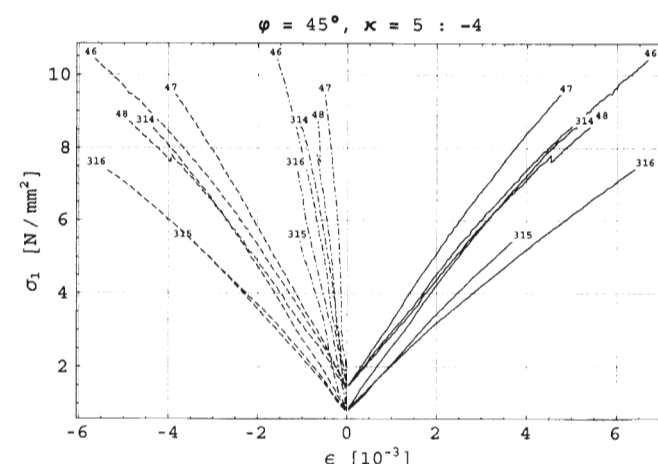
## 1. Motivation und Datengrundlagen

Aktuell werden zur Ermittlung der Materialkennwerte von Holz die Spannungs-Dehnungsbeziehungen aus einaxialen Versuchen verwendet. Dies liegt unter anderem daran, dass biaxiale Versuche aufwendiger als einaxiale sind und zudem fehleranfälliger. Ziel der Arbeit ist es festzustellen, wie sich Materialparameter aus biaxialen Versuchen von jenen aus einaxialen unterscheiden.

Datengrundlage sind Rohdaten aus biaxialen Versuchen, die 1997 - 1999 von Eberhardsteiner durchgeführt und in [1] veröffentlicht wurden. Für die Herstellung der Probekörper wurde fehlerfreies Holz ausgewählt, die Lasteinleitung erfolgte verschiebungsgesteuert über die im Folgenden dargestellte Vorrichtung. Die Jahrringe verliefen unter Kraft-Faserwinkeln  $\varphi$  von  $0^\circ$ ,  $7,5^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$  und  $45^\circ$ . Auftretende Spannungen und Verzerrungen wurden ausgelesen.



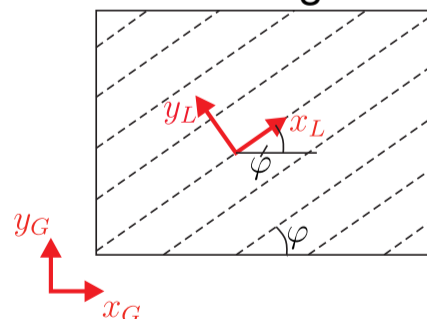
Biaxiale Belastungseinrichtung in den Probekörper [1]s.24



Aus biaxialen Versuchen ausgelesene Spannungs-Dehnungskurven [1]s.170

## 2. Vorgehen zur Datengewinnung

Die Rohdaten des linear elastischen Bereichs werden zunächst durch eine Regressionsgerade angenähert.



$$c = \cos(\varphi), s = \sin(\varphi)$$

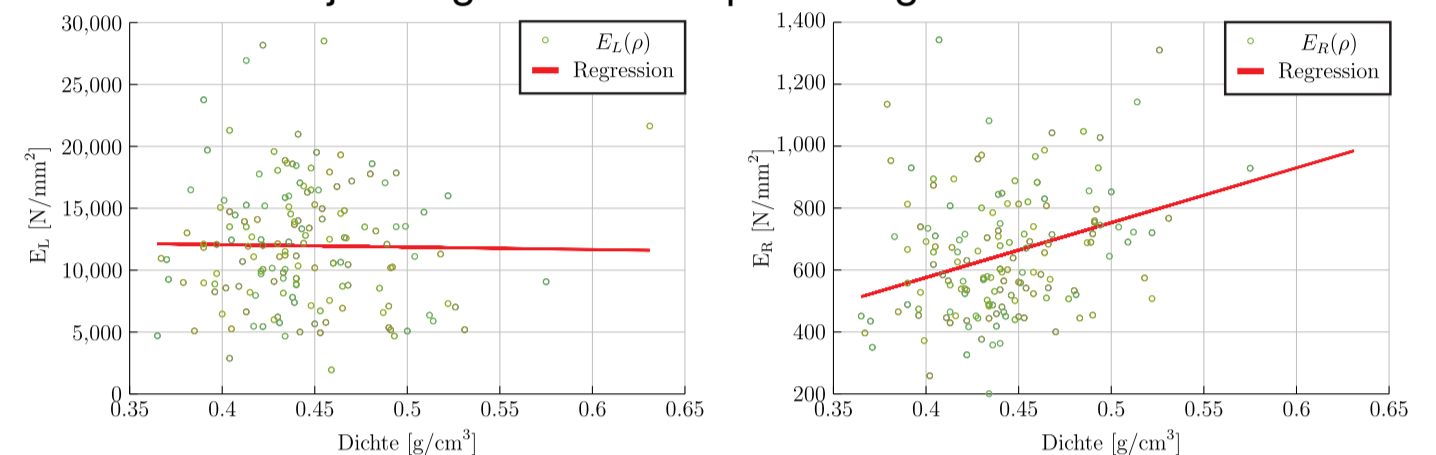
$$\begin{bmatrix} \varepsilon_{xL} \\ \varepsilon_{yL} \\ \gamma_{xyL} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c^2 & s^2 & sc \\ s^2 & c^2 & -sc \\ -2sc & 2sc & c^2 - s^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{xG} \\ \varepsilon_{yG} \\ \gamma_{xyG} \end{bmatrix}$$

Da die Materialparameter aller Versuche unabhängig vom Kraft-Faserwinkel vergleichbar sein sollen, werden in einem nächsten Schritt die ausgelesenen Spannungen und Dehnungen in ein lokales Koordinatensystem in Faserrichtung transformiert. Zur Berechnung der Materialparameter werden die lokalen Spannungen und Dehnungen in die Matrix mit Nachgiebigkeitswerten eingesetzt:

$$\begin{bmatrix} d\varepsilon_x \\ d\varepsilon_y \\ d\gamma_{xy} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{E_x} & -\frac{\nu_{yx}}{E_y} & 0 \\ -\frac{\nu_{xy}}{E_x} & \frac{1}{E_y} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{G_{xy}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d\sigma_x \\ d\sigma_y \\ d\tau_{xy} \end{bmatrix}$$

Für dieses nichtlineare Gleichungssystem wird mithilfe des Newton-Verfahrens eine Lösung berechnet, man erhält die Materialparameter  $E_L$ ,  $E_R$  und  $\nu_{LR}$ . Die Ergebnisse werden in Abhängigkeit von der

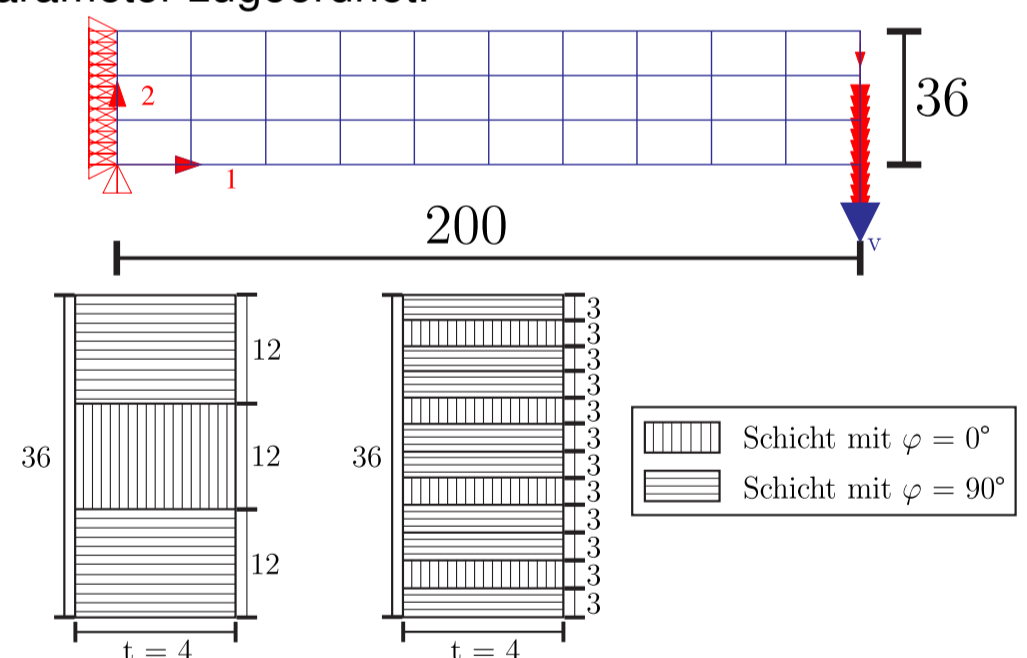
Rohdichte des jeweiligen Probekörpers dargestellt.



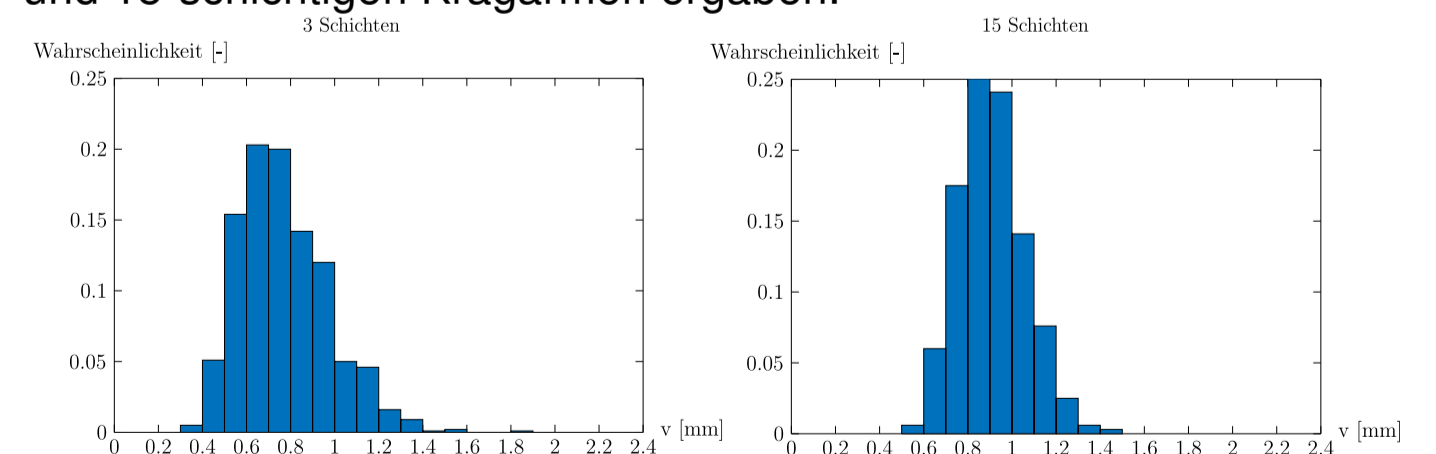
Die Ergebnisse der E-Moduln sind jenen aus uniaxialen Versuchen in [1] ähnlich. Die Querdehnzahlen werden jedoch bereits von kleinen Messfehlern in den Versuchsdaten stark beeinflusst. Dies wurde ausführlich in Parameterstudien untersucht.

## 3. Anwendungsbeispiel

Abschließend wurden die berechneten Materialparameter auf einen mehrschichtigen Kragarm angewendet. Untersucht wurde, wie sich eine Streuung der Materialparameter über die Schichten auf die Streuung der Verschiebung eines Kragarms auswirkt. Betrachtet wurden dabei Kragarme, die aus 3, 6, 9, 12, 15 und 18 Schichten bestehen. Basierend auf den statistischen Eigenschaften der Parameter wurden jeder Schicht per Zufall logarithmisch normalverteilte Materialparameter zugeordnet.



Beispielhaft für die durchgeführten Versuche werden im Folgenden die Histogramme dargestellt, die sich aus je 1000 Versuchen mit 3- und 15-schichtigen Kragarmen ergaben.



Aus diesen Versuchen ist der Trend erkennbar, dass mit zunehmender Schichtzahl die Streuung der Verschiebungen  $v$  kleiner wird. Je mehr Schichten der Kragarm besitzt, desto weniger Auswirkung hat die Streuung einzelner Schichten auf das Gesamtergebnis.

Literatur: [1] Josef Eberhardsteiner: Mechanisches Verhalten von Fichtenholz. Springer Wien, 2002, ISBN 978-3-211-83763-4